

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра станков и инструментов

С.В. Щепочкин

# **Пневмо- и гидропривод деревообрабатывающего оборудования**

Методические указания к лабораторным занятиям  
очной и заочной форм обучения направления 656300 «Технология  
лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств»  
специальности 250403 «Технология деревообработки» со специа-  
лизацией «Оборудование деревообрабатывающих производств»

Екатеринбург  
2010

Печатается по рекомендации методической комиссии факультета МТД  
Протокол № 1 от 24.09.2009

Рецензент – докт. техн. наук, профессор Пашков В.К.

Редактор

Подписано в печать		Поз.
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 50 экз.
Заказ	Печ. л.	Цена

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ

Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## 1. Общие указания

Лабораторный практикум по разделу "Гидропривод" дисциплины "Пневмо- и гидропривод деревообрабатывающего оборудования" проводится на лабораторном стенде "Гидромашины и гидроприводы" модели НТЦ-36.

К самостоятельной работе на стенде допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности и расписавшиеся в специальном журнале в том, что правила по технике безопасности, они изучили и обязуются их выполнять. Студенты, не прошедшие инструктаж, к лабораторным занятиям не допускаются.

Лабораторная работа выполняется группой студентов в количестве от 2 до 4 человек. Перед проведением экспериментов студенты должны ознакомиться с лабораторной работой по методическим указаниям, а также изучить соответствующий теоретический материал. При выполнении работы студент обязан придерживаться определенного порядка проведения работ, приведенного в данных методических указаниях, а также соблюдать правила техники безопасности. Включение оборудования производится только с разрешения и в присутствии преподавателя или лаборанта.

Не разрешается самостоятельно менять настройку предохранительных клапанов и вентилей гидростенда. Во время работы стенда запрещается переключать положение гидрораспределителей, если это не предусмотрено порядком проведения работ данных методических указаний.

Категорически запрещается предпринимать попытки остановить движение штока гидроцилиндра или вала гидромотора руками или другими предметами.

В случае обнаружения посторонних шумов, утечек рабочей жидкости необходимо отключить электропитание стенда и поставить в известность преподавателя.

По каждой из выполненных работ оформляется отчет индивидуально каждым студентом. Составление коллективных отчетов не допускается.

После оформления отчета студент обязан защитить лабораторную работу, ответив на контрольные вопросы преподавателя.

## 2. Описание лабораторного стенда

Гидравлическая схема лабораторного стенда приведена на панели стенда и на рис. 1.

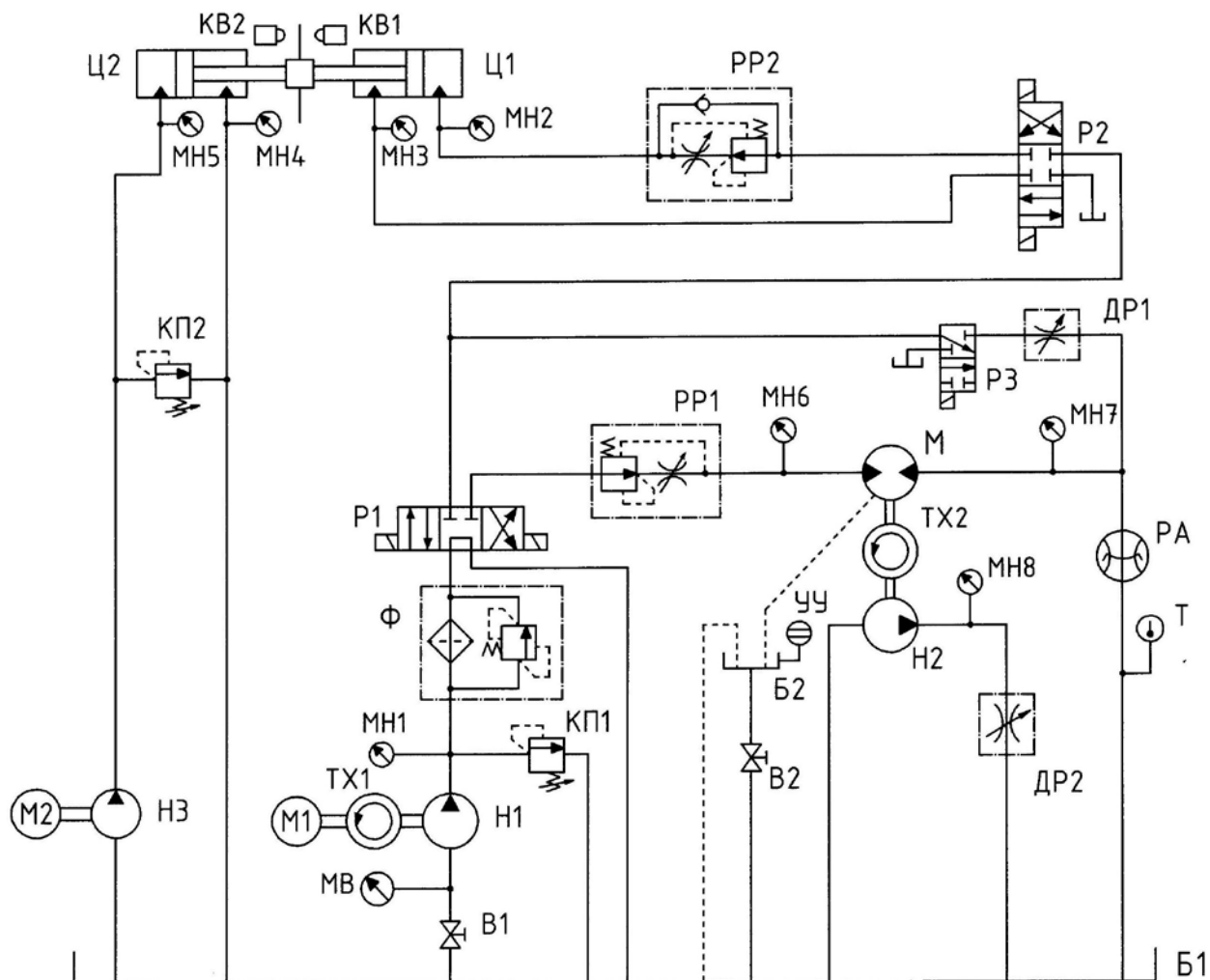


Рис. 1. Гидравлическая схема лабораторного стенда

Перечень обозначений на рис. 1 и техническая характеристика гидростенда приведены в таблице 1.

Основными исследуемыми гидромашинами являются гидронасос Н1, гидромотор М и гидроцилиндр Ц1. Для создания нагрузки на валу гидромотора используется шестеренный гидронасос Н2 с регулируемым дросселем ДР2 (дроссель ДР2 предназначен для изменения нагрузки на валу гидромотора). Для создания нагрузки на штоке гидроцилиндра Ц1 используются гидроцилиндр Ц2, шестеренный насос Н3 и регулируемый напорный гидроклапан КП2 (гидроклапан КП2 при проведении испытаний работает в режиме переливного клапана и служит для изменения нагрузки на

штоке цилиндра). К направляющей и регулирующей аппаратуре стенда (кроме названных выше устройств) относятся вентиль В1, предохранительный клапан КП1, регуляторы расходов РР1 и РР2, установленные соответственно в линии управления гидромотором М и цилиндром Ц1, регулируемый дроссель ДР1, а также гидрораспределители Р1, Р2 и Р3. Вентиль В1 предназначен для изменения гидравлического сопротивления на всасывающей гидролинии насоса Н1 (используется при определении кавитационных характеристик насоса). Регулируемый дроссель ДР1 используется при определении рабочих характеристик насоса Н1.

Для привода насосов Н1 и Н2 на стенде установлены два электродвигателя М1 и М2. В напорной линии насоса Н1 установлен фильтр Ф.

Информационно-измерительная система стенда включает восемь манометров (МН1 – МН8), вакуумметр МВ, два расходомера (мерный бачок Б2 с указателем уровня УУ и вентилем В2, скоростной расходомер РА), термометр Т, два частотомера ТХ1 и ТХ2, электронный секундомер, киловаттметр. Концевые выключатели КВ1 и КВ2 предназначены для управления секундомером, используемым в автоматическом режиме для измерения времени выдвижения штока гидроцилиндра Ц1 (тумблер SA5 в положении “АВТ”). Время выдвижения штока цилиндра Ц1 используется в дальнейшем для определения скорости штока.

Таблица 1 – Техническая характеристика оборудования лабораторного стенда НТЦ-36

Обозначение на рис. 1.	Наименование оборудования, модель	Основная техническая характеристика
Н1 и Н2	Насос шестеренный НШ-10	Рабочий объем $q = 10 \text{ см}^3$ , номинальное давление $P_{\text{ном}} = 6,3 \text{ МПа}$ , объемный КПД $\eta_{\text{об}} = 0,92$ , полный КПД $\eta = 0,8$
Н3	Насос шестеренный НШ-6	$q = 6 \text{ см}^3$ , $P_{\text{ном}} = 6,3 \text{ МПа}$ $\eta_{\text{об}} = 0,92$ , $\eta = 0,82$
М	Нерегулируемый аксиально-поршневой гидромотор Г15-21Р	$q = 11,2 \text{ см}^3$ , $P_{\text{ном}} = 6,3 \text{ МПа}$ , номинальный крутящий момент $M_{\text{ном}} = 9,6 \text{ Н}\cdot\text{м}$ , полный КПД $\eta = 0,88$ [1]
Ц1 и Ц2	Гидроцилиндры (цилиндр Ц1 установлен снизу)	Диаметр цилиндров $D = 63 \text{ мм}$ , диаметр штока $d = 25 \text{ мм}$ , ход штока $L = 200 \text{ мм}$

Продолжение табл. 1

P1	Распределитель ВЕ6 64	Номинальное давление $P_{\text{ном}} = 32$ МПа, номинальный расход $Q_{\text{ном}} = 16$ л/мин
P2	Распределитель ВЕ6 44	$P_{\text{ном}} = 32$ МПа, $Q_{\text{ном}} = 12,5$ л/мин
P3	Распределитель ВЕ6 573	$P_{\text{ном}} = 32$ МПа, $Q_{\text{ном}} = 12,5$ л/мин
PP1	Регулятор расхода МПГ55-22	$P_{\text{ном}} = 20$ МПа, $Q_{\text{ном}} = 25$ л/мин, условный проход $D_y = 10$ мм
PP2	Регулятор расхода с обратным клапаном МПГ55-32	$P_{\text{ном}} = 20$ МПа, $Q_{\text{ном}} = 20$ л/мин, условный проход $D_y = 10$ мм
ДР1 и ДР2	Регулируемые дроссели ПГ77-12	$P_{\text{ном}} = 20$ МПа, $Q_{\text{ном}} = 20$ л/мин, условный проход $D_y = 10$ мм
КП1	Напорный гидроклапан БГ54-32М6	$P_{\text{ном}} = 6,3$ МПа, $Q_{\text{ном}} = 32$ л/мин
КП2	Напорный клапан ПБГ54-32М6	$P_{\text{ном}} = 6,3$ МПа, $Q_{\text{ном}} = 32$ л/мин
Ф	Фильтр напорный ФГМ 32 – 25К	$P_{\text{ном}} = 32$ МПа, $Q_{\text{ном}} = 40$ л/мин, номинальная тонкость фильтрации $\delta_{\text{ном}} = 25$ мкм
В1 и В2	Вентили	
МН1...МН8	Манометры МП-100	
МВ	Вакуумметр ВП-100	
ТХ1 и ТХ2	Частотомеры	
М1	Электродвигатель АИР90L4У3	Мощность $N = 2,2$ кВт, частота вращения $n = 1420$ мин <sup>-1</sup> ; КПД $\eta_{\text{эл}} = 0,8$ ; $\cos\varphi = 0,79$
М2	Электродвигатель АИР80В4У3	$N = 1,5$ кВт, $n = 1410$ мин <sup>-1</sup>
КВ1 и КВ2	Концевые выключатели	
РА	Расходомер ВСВГ-15	$Q_{\text{ном}} = 1,5$ м <sup>3</sup> /ч
Т	Термометр ТБП-63	
УУ	Указатель уровня	
Б1	Гидробак	Заправочная емкость 65 – 70 л, рабочие жидкости: минеральные масла МГЕ-46В, МГ-30у, М-8В
Б2	Мерный бачок	Объем до 240 см <sup>3</sup>

### **3. Лабораторная работа №1.**

#### **Определение рабочих и кавитационных характеристик шестеренного насоса**

##### **Цель работы:**

- 1) Изучение устройства и принципа работы шестеренных насосов;
- 2) Изучение основных параметров объемных насосов;
- 3) Изучение методики и экспериментальное определение рабочих и кавитационных характеристик насоса.

##### **Порядок выполнения работы:**

- 1) изучить устройство и принцип работы шестеренного насоса по методическим указаниям;
- 2) изучить основные параметры, рабочие и кавитационные характеристики объемных насосов по методическим указаниям;
- 3) изучить принципиальную гидравлическую схему экспериментальной установки, порядок работы на ней;
- 4) подготовить таблицы для записей результатов экспериментов;
- 5) провести эксперименты по определению рабочих и кавитационных характеристик насоса на лабораторном стенде;
- 6) составить отчет по лабораторной работе, произведя необходимые расчеты и построив графики по результатам экспериментов.

#### **3.1 Устройство и принцип работы шестеренных насосов [2]**

Шестеренные насосы отличаются простотой конструкции, малыми габаритами и весом, надежностью в эксплуатации и долговечностью.

В зависимости от вида зацепления шестерен, различают насосы с внешним (наружным) и внутренним зацеплением. Наибольшее применение нашли насосы с внешним зацеплением.

Насос с внешним зацеплением (рис. 2) состоит из корпуса 1, в котором находятся в зацеплении две одинаковые шестерни 2 и 3. Шестерня 2 является ведущей и приводится во вращение валом 6, связанным муфтой с валом приводного двигателя. Другая шестерня 3 является ведомой. При вращении шестерен 2 и 3, когда зубья выходят из зацепления, объем камеры 5 увеличивается, давление в полости  $S$  уменьшается и происходит всасывание жидкости. Жидкость, попавшая во впадины между зубьями 4, перемещается по радиусу внутренней поверхности корпуса 1 и вытесняется входящими в зацепление зубьями в нагнетательную полость  $P$ .

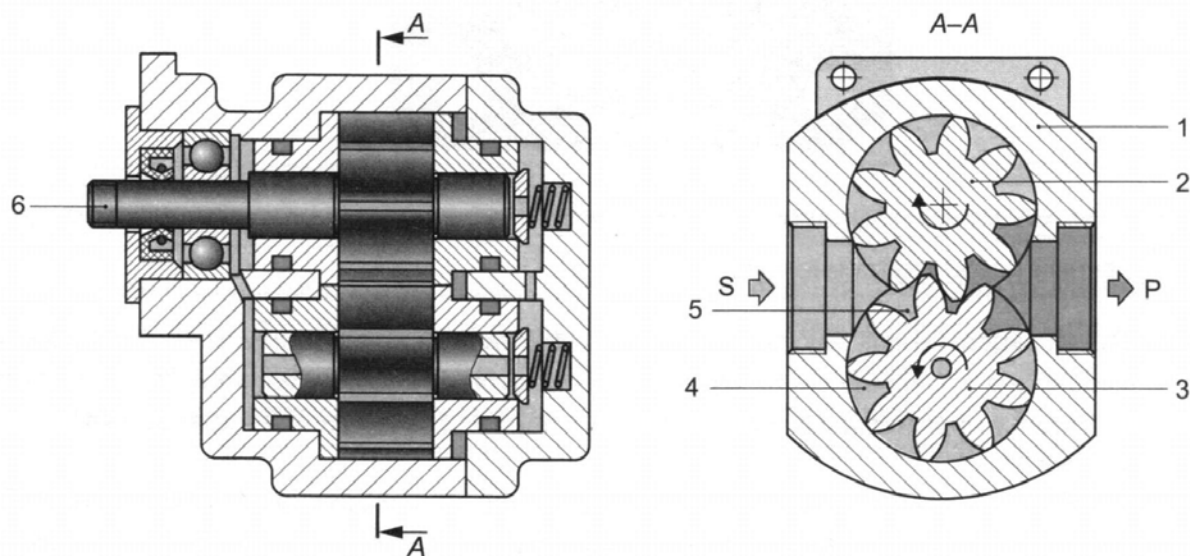


Рис. 2. Шестеренный насос с внешним зацеплением [2]

При малых зазорах в зубчатом зацеплении возможно образование полости с защемленным объёмом рабочей жидкости, что может привести к резкому увеличению давления и радиальной силы, действующей на оси и валы насоса. Для устранения резкого роста давления предусматривают каналы во впадинах шестерен, на боковых крышках и на нерабочих поверхностях зубьев (для нереверсивных насосов). При изменении направления вращения ведущей шестерни, направление нагнетания жидкости также меняется на противоположное. Недостатком шестеренных насосов с внешним зацеплением является большая пульсация (неравномерность) подачи и обусловленный ею довольно высокий уровень шума.

### 3.2 Основные параметры и характеристики объемных насосов

#### 3.2.1 Основные параметры насосов

Основными параметрами насосов являются: рабочий объем, подача (производительность), номинальное давление, мощность, объемный и полный коэффициенты полезного действия.

Рабочий объем насоса  $q$  – объём жидкости, который вытесняется насосом за один оборот приводного вала при отсутствии объемных потерь (обычно рабочий объем выражается в  $\text{см}^3$ ).

Рабочий объем шестеренного насоса  $q$ ,  $\text{см}^3$  определяется по формуле

$$q = 2\pi m^2 z b \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

где  $m$  – модуль зубчатого зацепления, мм;



$z$  – число зубьев шестерни;

$b$  – ширина венца шестерни, мм.

Подача насоса  $Q_n$  – объем жидкости, перекачиваемый насосом за единицу времени и определяется по формуле

$$Q_n = \frac{qn}{1000}, \text{ л/мин,} \quad (2)$$

где  $q$  – рабочий объем насоса,  $\text{см}^3$ ;

$n$  – частота вращения вала,  $\text{мин}^{-1}$ .

В реальных условиях подача насоса несколько меньше расчетной вследствие перетекания жидкости через зазоры между сопрягаемыми деталями насосов, образующими рабочие камеры – из полости нагнетания в полость всасывания. Утечки жидкости обусловлены неточностью в изготовлении деталей, а также вследствие несплошного заполнения жидкостью рабочих камер насоса и потерь объема, вызванных наличием в жидкости воздуха. Эти утечки жидкости называют объемными потерями и характеризуются объемным КПД  $\eta_{об}$

$$\eta_{об} = \frac{Q_d}{Q_t}, \quad (3)$$

где  $Q_d$  – действительная подача насоса;

$Q_t$  – теоретическая (идеальная) подача насоса.

Действительная подача насоса отличается от теоретической на величину внутренних утечек  $Q_{ут}$ , т.е.

$$Q_d = Q_t - Q_{ут}. \quad (4)$$

Номинальное давление  $P_{ном}$  – наибольшее давление на выходе из насоса, при котором он должен работать в течение установленного срока службы при сохранении параметров в пределах установленных норм.

Мощность насоса – мощность, потребляемая насосом от приводного двигателя

$$N_n = \frac{N_{пол}}{\eta} = N_{эл} \eta_{эл}, \quad (5)$$

где  $N_{пол} = \frac{PQ}{60}$  – полезная мощность насоса, кВт;

$P$  – давление, развиваемое насосом, МПа;

$Q$  – подача насоса, л/мин;

$\eta$  – полный КПД насоса;

$N_{эл}$  – мощность потребляемая электродвигателем, кВт;

$\eta_{эл}$  – КПД электродвигателя.

Значения объемного  $\eta_{об}$  и полного  $\eta$  КПД приводятся в технических характеристиках конкретной модели насоса.

Крутящий момент  $M_{кр н}$  для привода насоса определяют по формуле

$$M_{кр н} = \frac{q\Delta P}{2\pi\eta_{гм}}, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (6)$$

где  $q$  – рабочий объем насоса,  $\text{см}^3$ ;

$\Delta P$  – перепад давлений на входе и выходе насоса, МПа;

$\eta_{гм}$  – гидромеханический КПД насоса.

### 3.2.2 Основные рабочие характеристики насосов

Основными рабочими характеристиками объемного насоса являются зависимость подачи, мощности насоса и полного КПД насоса от развиваемого им давления при постоянной частоте вращения вала насоса, т.е.  $Q_d = f(P)$ ,  $N_n = f(P)$ ,  $\eta = f(P)$ .

Поскольку теоретическая (идеальная) подача нерегулируемого объемного насоса определяется его рабочим объемом и частотой вращения, теоретическая характеристика насоса в указанной системе координат имеет вид горизонтальной прямой  $Q_t$  (рис. 3). С увеличением давления  $P$  подача  $Q_d$  и объемный КПД насоса  $\eta_{об}$  падают, что вызвано увеличением утечек  $Q_{ут}$ , поэтому действительная характеристика  $Q_d$  имеет вид наклонной прямой, причем, чем более совершенен насос, тем угол наклона меньше. Сравнивая характеристику насоса, которая приводится в его техническом паспорте, с реальной, можно судить о степени его износа.

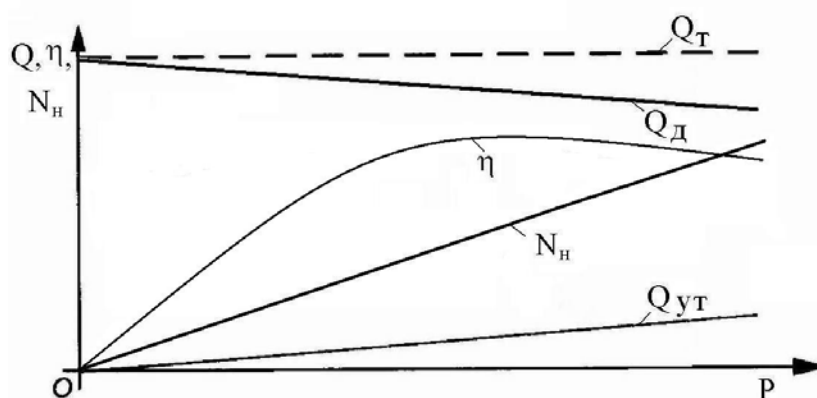


Рис. 3. Рабочие характеристики нерегулируемого объемного насоса

При наличии в гидросистеме предохранительного клапана, при достижении давления в напорной линии некоторого предельно допустимого значения  $P_0$ , клапан начинает срабатывать и сбрасывает часть рабочей

жидкости обратно в бак. Характеристика такого насоса показана на рис. 4. При достижении давления полного открытия предохранительного клапана  $P_{п.о.}$ , вся подача насоса через клапан поступает в бак.

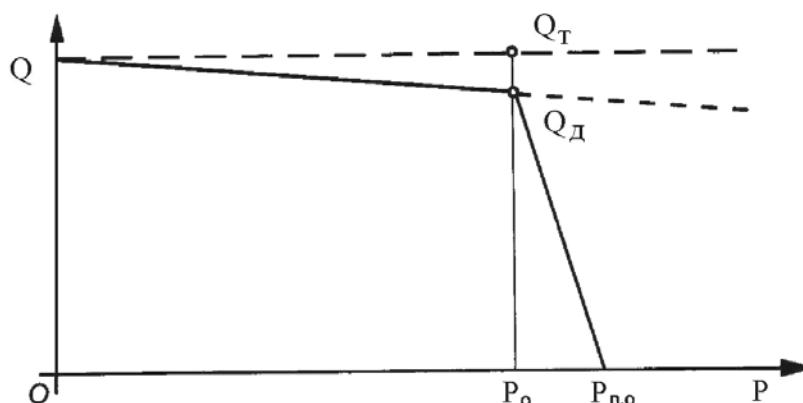


Рис. 4. Характеристика насоса с установленным параллельно предохранительным клапаном

### 3.2.3 Основные кавитационные характеристики насосов

Основными кавитационными характеристиками объемного насоса (рис. 5) являются зависимость подачи насоса и развиваемого давления на выходе из насоса от давления на входе при постоянной частоте вращения вала насоса, т.е.  $Q_d = f(P_{вх})$ ,  $P = f(P_{вх})$ .

Кавитацией называется изменение агрегатного состояния жидкости при движении в закрытых руслах, связанное с местным падением давления, т.е. в жидкости образуются полости, заполненные паром, газом и их смесью (так называемые кавитационные пузырьки или каверны).

Кавитация возникает при давлении жидкости ниже некоторого критического значения (приблизительно равным давлению насыщенного пара этой жидкости при данной температуре), и образующие полости - каверны заполняются парами жидкости и выделившимся из нее растворенным газом. Попадая в область высоких давлений паровые пузырьки (каверны) «захлопываются». Захлопывание каверн вызывает местный гидравлический удар, который может привести к разрушению (эрозии) стенок каналов.

Кавитация приводит к отрицательным последствиям: увеличению гидродинамического сопротивления; снижению подачи, давления, мощности и КПД; эрозионному износу элементов гидропривода; звуковым явлениям: шуму, вибрации установки.

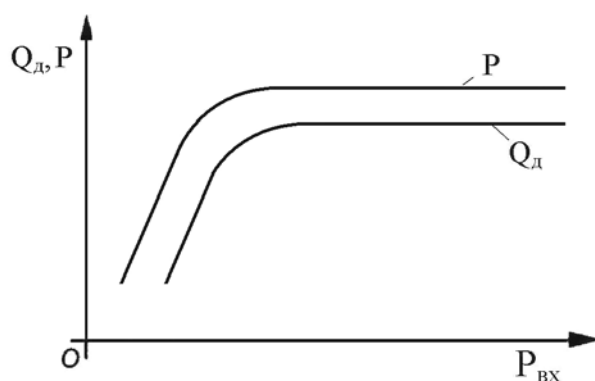


Рис. 5. Кавитационные характеристики объемного насоса

Давление на входе насоса  $P_{вх}$  измеряется при помощи вакуумметра МВ (рис. 1), который предназначен для измерения вакуумметрического давления, т.е. разность между атмосферным и абсолютным давлениями.

### 3.3 Экспериментальное определение рабочих и кавитационных характеристик насоса

#### 3.3.1 Определение рабочих характеристик насоса

На стенде тумблер распределителя Р1 установить в положение “ВКЛ1”, тумблер Р3 в положение “ВКЛ.”, тумблер Р2 в положение “ВЫКЛ”, вентиль В1 (установлен снизу на баке слева) полностью открыть. Перед включением установки маховик управления регулируемым дросселем ДР1 повернуть до упора по часовой стрелке (максимальное проходное сечение дросселя). Включить электродвигатель М1. Провести серию опытов при различных настройках регулируемого дросселя ДР1.

В каждом опыте необходимо измерять:

- давление по манометру МН1;
- частоту вращения вала насоса  $n_{н1}$  (для определения частоты вращения в об/с необходимо показание частотомера  $n_{н1}$  делить на 2);
- мощность, подводимую к электродвигателю М1 (по ваттметру, 1 деление = 125 Вт);
- расход (с помощью расходомера РА и электронного секундомера, тумблер SA5 в положении “РУЧН.”).

#### 3.3.2 Определение кавитационных характеристик насоса

На стенде тумблер управления распределителя Р1 установить в положение “ВКЛ1”, тумблер Р3 в положение “ВКЛ.”, тумблер Р2 в положе-

ние “ВЫКЛ”. С помощью регулируемого дросселя ДР1 установить давление в напорной линии насоса по манометру МН1, равное, например, 3 МПа. При различных степенях закрытия вентиля В1 провести серию опытов. В каждом опыте необходимо измерять:

- вакуумметрическое давление по прибору МВ;
- давление по манометру МН1;
- частоту вращения вала насоса  $n_{н1}$  (для определения частоты вращения в об/с необходимо показание частотомера  $n_{н1}$  делить на 2);
- мощность, подводимую к электродвигателю М1 (по ваттметру, 1 деление = 125 Вт);
- расход (с помощью расходомера РА и электронного секундомера, тумблер SA5 в положении “РУЧН.”).

В процессе определения кавитационных характеристик первоначальную настройку регулируемого дросселя ДР1 – не изменять.

**Внимание:** При входе в режим кавитации происходит “срыв” подачи насоса. При этом прекращается проток рабочей жидкости через насос и ухудшается его охлаждение и смазка. Поэтому с целью предотвращения преждевременного выхода из строя насос не рекомендуется вводить в режим кавитации. Для этого необходимо следить за стрелкой расходомера: стрелка должна вращаться.

После завершения опытов по определению кавитационных характеристик необходимо **открыть вентиль В1** и отключить питание электродвигателя М1.

**Отчет должен содержать:**

- наименование и цель работы;
- основные параметры испытуемого насоса;
- гидравлическую схему экспериментальной установки (фрагмент схемы на рис. 1, относящийся к испытанию насоса);
- описание экспериментальной установки, порядок работы на ней;
- результаты экспериментальных измерений (представить в виде таблиц);
- графики рабочих и кавитационных характеристик насоса, построенные по результатам экспериментов;
- выводы по работе (провести анализ полученных зависимостей с целью выбора оптимального режима работы насоса, определения степени его износа, дать рекомендации по предотвращению возникновения кавитации).

### Контрольные вопросы и задания

1. Объясните принцип действия шестеренного гидронасоса.
2. Назовите основные параметры насосов.
3. Назовите достоинства и недостатки шестеренных насосов.
4. Что называется рабочим объемом насоса?
5. Что называется подачей (производительностью) насоса, чем она определяется?
6. Что такое действительная и теоретическая подачи насоса, чем они отличаются?
7. Что называют объемным КПД насоса и что он характеризует?
8. Назовите основные рабочие характеристики насоса.
9. Что такое кавитация?
10. Назовите основные кавитационные характеристики насоса.
11. Как обозначают насос на гидравлической схеме?
12. При помощи какого прибора определяют давление на входе насоса?
13. К каким отрицательным последствиям приводит кавитация?
14. При помощи экспериментального графика рабочих характеристик, определите давление срабатывания предохранительного клапана, а также давление полного открытия клапана.
15. Определите крутящий момент для привода насоса НШ-10, если давление на выходе из насоса 5 МПа, давлением на входе пренебречь.
16. По результатам испытаний постройте график зависимости полного КПД насоса от давления на входе и сделайте вывод о влиянии кавитации на величину КПД.

## 4. Лабораторная работа №2.

### Определение характеристик гидродвигателей

#### Цель работы:

- 1) Изучение устройства гидроцилиндров и гидромоторов;
- 2) Изучение основных технических показателей и характеристик гидродвигателей;
- 3) Изучение методики и экспериментальное определение характеристик гидроцилиндра и гидромотора.

### Порядок выполнения работы:

- 1) изучить устройство и принцип работы гидроцилиндра и аксиально-поршневого гидромотора по методическим указаниям;
- 2) изучить основные технические параметры и нагрузочные характеристики гидродвигателей по методическим указаниям;
- 3) изучить принципиальную гидравлическую схему экспериментальной установки, порядок работы на ней;
- 4) подготовить таблицы для записей результатов экспериментов;
- 5) провести эксперименты по определению нагрузочных характеристик гидроцилиндра и гидромотора на лабораторном стенде;
- 6) составить отчет по лабораторной работе, произведя необходимые расчеты и построив графики по результатам экспериментов.

## 4.1 Устройство и принцип работы гидродвигателей

### 4.1.1 Конструкция гидроцилиндров

Для привода рабочих органов деревообрабатывающих машин наиболее широкое распространение нашли поршневые гидроцилиндры двустороннего действия с односторонним штоком (рис. 6).

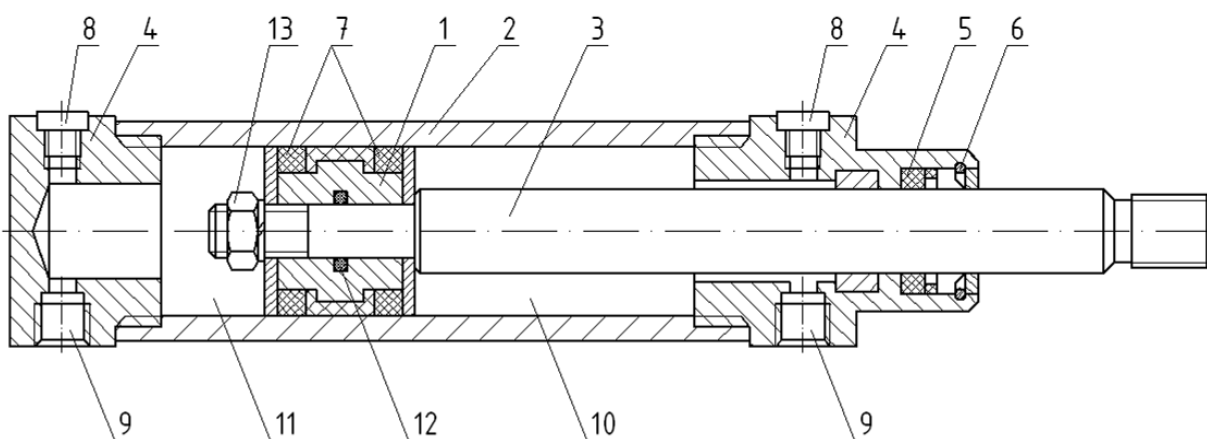


Рис. 6. Гидроцилиндр двустороннего действия

Все гидроцилиндры имеют следующие основные конструктивные элементы: поршень 1, цилиндр (гильзу цилиндра) 2, шток 3, крышки (головки) 4 цилиндра. С цилиндром 1 крышки 4 соединяют различными способами: на болтах, на шпильках, сваркой или же при помощи резьбы, как показано на рис. 6. Крышки 4 имеют каналы 9 для подвода и отвода рабочей жидкости. Выдвижение и втягивание штока 3 осуществляется путем

попеременной подачи жидкости под давлением в одну из рабочих полостей (поршневую 11 или штоковую 10), в то время как другая соединена со сливной гидролинией. Перемещение штока в любом направлении является рабочим и может осуществляться под нагрузкой.

Поршень 1 имеет канавки для установки в них манжетных уплотнений 7. Соединение штока с поршнем может быть резьбовым и безрезьбовым. При резьбовом соединении шток имеет резьбовое окончание и на эту резьбу наворачивается гайка 13, закрепляющая поршень. Для исключения перетечек жидкости по штоку служит резиновое кольцо 12, а для исключения наружных утечек в крышке 4 имеется уплотнение 5. Для предотвращения попадания грязи и пыли внутрь цилиндра служит грязесъемник 6. Для удаления воздуха из гидроцилиндра имеются воздухопускные пробки 8.

#### 4.1.2 Устройство и принцип работы гидромотора [3]

В качестве примера в работе исследуется нерегулируемый аксиально-поршневой гидромотор типа Г15-2 (рис. 7). Аксиально-поршневые гидромашины нашли широкое применение в гидроприводах, что объясняется рядом их преимуществ: меньшие радиальные размеры, масса, габарит и момент инерции вращающихся масс; возможность работы при большом числе оборотов.

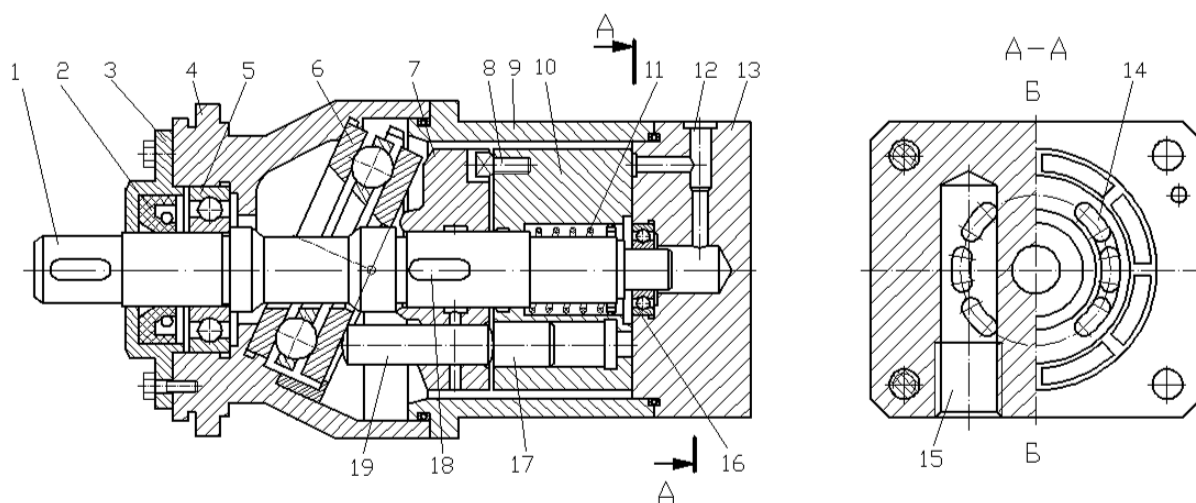


Рис. 7. Аксиально-поршневой гидромотор типа Г15-2

Гидромотор состоит из ротора 10 с поршнями 17, барабана 7 с толкателями 19, радиально-упорного подшипника 6, вала 1, опирающегося на подшипники 5 и 16, опорно-распределительного диска 13, корпусов 4 и 9, фланца 3 с манжетой 2, пружины 11 и торцевой шпонки 8. Масло подводится к гидромотору и отводится от него через два отверстия 15, распо-



женные в диске 13, причем каждое из отверстий связано с полукольцевым пазом 14, выполненным на рабочей поверхности диска. Утечки из корпуса отводятся через дренажное отверстие 12. Бронзовый ротор 10 гидромотора имеет семь рабочих камер, в которых перемещаются поршни 17. На торце ротора, взаимодействующем с диском 13, выполнены отверстия, выходящие в каждую из рабочих камер. При вращении ротора указанные отверстия соединяются с одним из пазов 14.

При работе гидромотора масло из напорной линии через отверстие 15 и один из пазов 14 поступает в рабочие камеры, расположенные по одну сторону от оси Б-Б. Осевая сила, развиваемая поршнями, через толкатели 19 передается на радиально-упорный подшипник 6. Поскольку последний расположен наклонно, на толкателях возникают тангенциальные силы, заставляющие поворачиваться барабан 7, а вместе с ним вал 1 и ротор 10, связанные с барабаном шпонками 18 и 8. Одновременно поршни, расположенные по другую сторону от оси Б-Б, вдвигаются в ротор, вытесняя масло из соответствующих рабочих камер через полукольцевой паз и другое отверстие 15 в сливную линию.

Ротор прижимается к диску 13 пружинами 11 и давлением масла, действующим на дно рабочих камер. Частота вращения гидромотора определяется количеством проходящего через него масла, направление вращения зависит от того, какое из отверстий 15 соединено с напорной линией, а крутящий момент примерно пропорционален разности давлений в подводном и отводном отверстиях.

## 4.2 Основные технические показатели и характеристики гидродвигателей

### 4.2.1 Основные технические параметры гидроцилиндра

Основными параметрами поршневых гидроцилиндров, являются: диаметры поршня  $D$  и штока  $d$ , ход поршня  $L$ , рабочее давление  $P$  (рис. 8).

Усилие, развиваемое гидроцилиндром без учёта сил трения, сил инерции и противодействия жидкости

$$F = P \cdot S_{\text{эф}}, \quad (7)$$

где  $S_{\text{эф}}$  – эффективная площадь поршня.

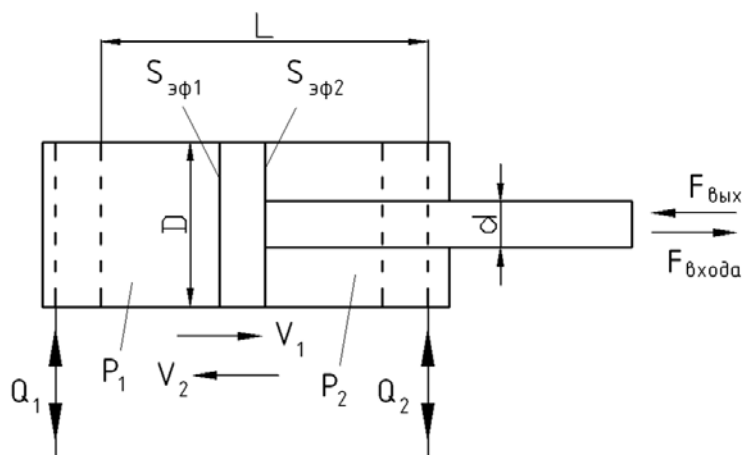


Рис. 8. Основные и расчетные параметры гидроцилиндра

При движении поршня вправо  $S_{эф1} = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow F_{вых} = P_1 \frac{\pi D^2}{4}$ .

При движении поршня влево  $S_{эф2} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \Rightarrow F_{входа} = P_2 \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$ .

С учетом сил трения и давления жидкости в противоположной полости, усилие на штоке можно определить по формулам:

при движении поршня вправо

$$F_{вых} = \frac{k_{тр} \pi}{4000} (P_1 D^2 - P_2 (D^2 - d^2)), \text{ кН} \quad (8)$$

где  $k_{тр}$  – коэффициент, учитывающий потери на трение, по данным [1]  
 $k_{тр} = 0,9 \dots 0,98$ ;

$P_1$  и  $P_2$  – давление жидкости соответственно в поршневой и штоковой полостях цилиндра, МПа;

$D$  и  $d$  – диаметры поршня и штока соответственно, мм.

При движении поршня влево

$$F_{входа} = \frac{k_{тр} \pi}{4000} (P_2 (D^2 - d^2) - P_1 D^2), \text{ кН.} \quad (9)$$

Скорость движения поршня при перемещении вправо

$$V_1 = \frac{Q_1}{S_{эф1}} = \frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot D^2}, \text{ м/с;} \quad (10)$$

Скорость движения поршня при перемещении влево

$$V_2 = \frac{Q_2}{S_{эф2}} = \frac{4 \cdot Q_2}{\pi (D^2 - d^2)}, \text{ м/с,} \quad (11)$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  – расходы жидкости через поршневую и штоковую полости соответственно, м<sup>3</sup>/с;

$D$  и  $d$  – диаметры поршня и штока соответственно, м.

Полезная развиваемая мощность на штоке гидроцилиндра при движении поршня вправо

$$N_{\text{ц}} = F_{\text{вых}} \cdot V_1, \text{ кВт} \quad (12)$$

при движении поршня влево

$$N_{\text{ц}} = F_{\text{входа}} \cdot V_2, \text{ кВт} \quad (13)$$

где  $F_{\text{вых}}$  и  $F_{\text{входа}}$  – усилия на штоке, кН;

$V_1$  и  $V_2$  – скорости движения поршня, м/с.

#### 4.2.2 Основные технические показатели гидромотора

Основными показателями, характеризующими работу гидромоторов, являются: рабочий объем, расход гидромотора, давление (перепад давлений), крутящий момент, мощность, коэффициенты полезного действия.

Рабочий объем мотора  $q$  – это объем жидкости, подаваемой в гидромотор, необходимый для получения одного оборота вала гидромотора.

Рабочий объем определяется геометрическими размерами рабочих камер и для конкретной конструкции гидромашины вычисляется по соответствующим формулам.

Расход гидромотора  $Q$  – объем жидкости, подаваемой в гидромотор, за единицу времени и определяется, так же как и для гидронасосов по формуле (2).

Под перепадом давлений  $\Delta P$  понимается разность давлений на входе и выходе гидромотора.

Крутящий момент  $M_{\text{кр.м}}$  для преодоления полезной нагрузки, приложенной к валу гидромотора определяют по формуле

$$M_{\text{кр.м}} = \frac{q \Delta P \eta_{\text{гм}}}{2\pi}, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (14)$$

где  $q$  – рабочий объем гидромотора,  $\text{см}^3$ ;

$\Delta P$  – перепад давлений на входе и выходе гидромотора, МПа;

$\eta_{\text{гм}}$  – гидромеханический КПД гидромотора.

Полезная развиваемая мощность на выходном валу гидромотора

$$N_n = M_{\text{кр.м}} \omega = 2M_{\text{кр.м}} \pi n, \text{ Вт} \quad (15)$$

где  $M_{\text{кр}}$  – крутящий момент, Н·м;

$\omega$  – угловая скорость вала,  $\text{с}^{-1}$ ;

$n$  – частота вращения вала,  $\text{с}^{-1}$ .

Подведенная гидравлическая мощность к гидромотору

$$N = 1000 \frac{Q \Delta P}{60}, \text{ Вт} \quad (16)$$

где  $Q$  – расход жидкости через гидромотор, л/мин.

Отношение  $N_n / N$  определяет полный КПД гидромотора, который как и в случае гидронасоса, равен произведению объемного, механического и гидравлического КПД

$$\eta = \frac{N_n}{N} = \eta_{об} \eta_m \eta_z. \quad (17)$$

Объемный КПД  $\eta_{об}$  гидромотора, учитывающий объемные потери, зависит от давления, частоты вращения, вязкости жидкости, величины зазоров между уплотняемыми элементами может быть определен по формуле [3]

$$\eta_{об} = \frac{Q_t}{Q_d} = \frac{Q_d - Q_{ут}}{Q_d} = 1 - \frac{Q_{ут}}{Q_d}, \quad (18)$$

где  $Q_t$  – теоретический расход гидромотора, определяемый аналогично подаче насоса по формуле (2), л/мин;

$Q_d$  – действительный расход гидромотора, л/мин;

$Q_{ут}$  – объемные потери жидкости на утечки, л/мин.

Характер изменения объемного и полного КПД гидромотора приведен на рис. 9 [3].

#### 4.2.3 Нагрузочные характеристики гидродвигателей

Перед вводом в эксплуатацию новые или отремонтированные гидронасосы и гидродвигатели подвергают испытаниям. При испытании гидродвигателей важной характеристикой является нагрузочная характеристика. Нагрузочная характеристика характеризует степень стабильности скорости выходного звена (штока или вала мотора) при изменяющейся нагрузке. Обычно требуется возможно большая стабильность, т. е. наименьшая «просадка» гидропривода.

Нагрузочная характеристика показывает зависимость скорости выходного звена  $V$  ( $n$ ) от силы  $F$ , или момента  $M$  развиваемого для преодоления внешней нагрузки (рис. 10). Малая кривизна и небольшой наклон графика нагрузочной характеристики свидетельствуют о стабильной работе объемного гидродвигателя.

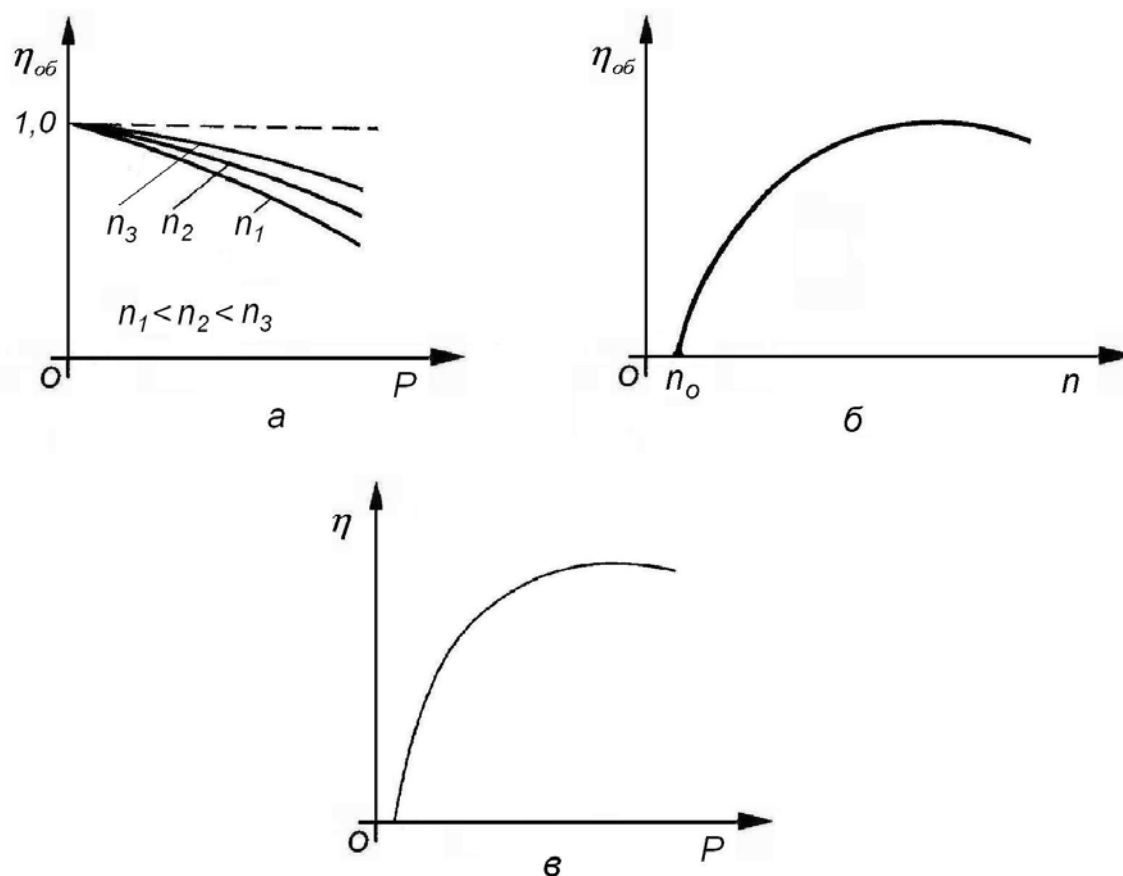


Рис. 9. Характер изменения КПД гидромотора:  
а – объемного КПД от давления при  $n = \text{const}$ ; б – объемного КПД от частоты вращения при  $P = \text{const}$ ; в – полного КПД от давления

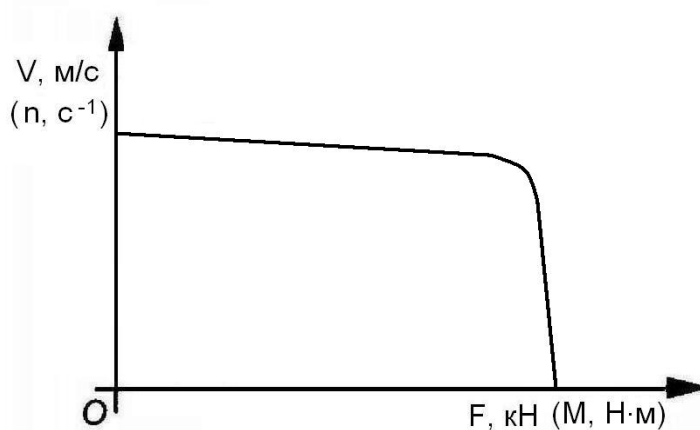


Рис. 10. Нагрузочная характеристика гидродвигателя

### 4.3 Экспериментальное определение характеристик гидродвигателей

#### 4.3.1 Определение характеристик гидромотора

На стенде тумблер Р1 установить в положение “ВКЛ2.”. Включить электродвигатель М1. Провести 2 – 3 серии опытов при различных настройках регулятора расхода РР1, то есть при различных частотах вращения вала гидромотора (при вращении маховика регулятора расхода РР1 по часовой стрелке расход жидкости, поступающей на вход гидромотора, увеличивается). При вращении вала гидромотора вращается также и вал насоса нагрузки Н2. Уровень нагрузки на валу гидромотора определяется настройкой регулируемого дросселя ДР2.

В каждой серии провести 5 – 6 опытов при различных настройках регулируемого дросселя ДР2 (при повороте маховика регулируемого дросселя по часовой стрелке увеличивается площадь проходного сечения дросселя и нагрузка на валу гидромотора уменьшается).

В каждом опыте необходимо измерять:

- давления по манометрам МН6, МН7 и МН8;
- частоту вращения вала гидромотора  $n_m$  (для определения частоты вращения в об/с необходимо показание частотомера делить на 2);
- расход жидкости на выходе гидромотора (измеряется с помощью расходомера РА и электронного секундомера СЕК, при этом тумблер SA5 должен быть установлен в положение “РУЧН”);
- расход утечек из корпуса гидромотора (измеряется с помощью мерного бачка Б2 с указателем уровня УУ и электронного секундомера).

#### 4.3.2 Определение характеристик гидроцилиндра

На стенде тумблер распределителя Р1 установить в положение “ВКЛ1.”, тумблер Р3 – в положение “ВЫКЛ”. Вывести маховик управления регулятором расхода РР2 против часовой стрелки (настроить регулятор на минимальный расход). Включить электродвигатели М1 и М2. Включить тумблер Р2 в положение “ВКЛ1.”, при этом шток нижнего цилиндра Ц1 начнет медленно выдвигаться. Если шток не выдвигается, то необходимо маховик управления регулятором РР2 медленно поворачивать по часовой стрелке с тем, чтобы добиться медленного выдвижения штока. Опыты по определению характеристик гидроцилиндра Ц1 желательно проводить при низкой скорости выдвижения штока цилиндра Ц1. При этом

увеличится время опыта и легче будет производить необходимые измерения.

Опыты необходимо проводить при различных нагрузках на штоке цилиндра Ц1, что достигается путем изменения давления в поршневой полости цилиндра Ц2. Изменение этого давления осуществляется путем изменения настройки клапана КП2 (при вворачивании регулировочного винта клапана давление (нагрузка) повышается).

При испытаниях гидроцилиндра Ц1 рекомендуется провести 5-6 опытов (например, установить уровни давлений по манометру МН5 от 1 до 4 МПа, с интервалом 0,5 МПа). При установке тумблера Р2 в положение “ВКЛ2.” происходит обратный ход (втягивание) штока гидроцилиндра Ц1. Втягивание штока цилиндра Ц1 является холостым ходом. Для настройки желаемых режимов работы и приобретения необходимых навыков работы допускается многократное срабатывание цилиндра Ц1.

Измерение давлений (по манометрам МН2 – МН5) осуществляется при выдвижении штока цилиндра Ц1 (нижний гидроцилиндр).

В ходе эксперимента необходимо также измерить время выдвижения штока цилиндра Ц1 (тумблер SA5 переключить в положение “АВТ” и включить питание секундомера). Перед каждым измерением времени необходимо нажимать кнопку “Сброс” и сбрасывать показание электронного табло секундомера.

В процессе определения нагрузочной характеристики первоначальную настройку регулятора расхода РР2 – не изменять.

После выполнения всех опытов необходимо отключить питание электродвигателей М1 и М2.

**Отчет должен содержать:**

- наименование и цель работы;
- основные параметры испытуемых гидродвигателей;
- гидравлическую схему установки для испытания гидроцилиндра;
- гидравлическую схему установки для испытания гидромотора (фрагменты схем на рис. 1, относящиеся к испытанию гидроцилиндра и гидромотора);
- описание экспериментальной установки, порядок работы на ней;
- результаты экспериментальных измерений (представить в виде таблиц);
- графики нагрузочных характеристик гидроцилиндра и гидромотора, построенные по результатам экспериментов;
- графики зависимости  $\eta_{об} = f(\Delta P)$ ,  $\eta = f(\Delta P)$  гидромотора;

- выводы по работе (провести анализ полученных зависимостей, с целью определения возможности эксплуатации гидродвигателей, определения степени износа гидродвигателей, дать рекомендации по выбору оптимального режима работы).

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Объясните принцип действия аксиально-поршневого гидромотора.
2. Объясните конструкцию и принцип действия гидроцилиндра.
3. Назовите основные параметры гидроцилиндра.
4. Назовите основные параметры гидромотора.
5. Что называется рабочим объемом гидромотора?
6. Что называется расходом гидромотора?
7. Как обозначают гидроцилиндр и гидромотор на гидравлической схеме?
8. Перечислите достоинства аксиально-поршневых гидромашин.
9. Что называют объемным КПД мотора и что он характеризует?
10. Что называется нагрузочной характеристикой гидродвигателя, что она показывает?
11. Определите расчетом мощность гидромотора Г15-2.
12. По результатам испытаний гидроцилиндра Ц1 (для одного из опытов) определите полезную мощность на штоке и КПД гидроцилиндра.

## **5. Лабораторная работа №3.**

### **Исследование характеристик регулируемого гидропривода с поступательным движением выходного звена**

#### **Цель работы:**

- 1) Изучение устройства регулируемого гидропривода с поступательным движением выходного звена (с дроссельным принципом регулирования);
- 2) Экспериментальное определение характеристик гидропривода.

#### **Порядок выполнения работы:**

- 1) изучить устройство регулируемого гидропривода (с дроссельным принципом регулирования) по методическим указаниям;
- 2) изучить основные характеристики гидропривода с дроссельным регулированием по методическим указаниям;



- 3) изучить принципиальную гидравлическую схему экспериментальной установки, порядок работы на ней;
- 4) подготовить таблицы для записей результатов экспериментов;
- 5) провести эксперименты по определению основных характеристик гидропривода с поступательным движением выходного звена (с дроссельным принципом регулирования) на лабораторном стенде;
- 6) составить отчет по лабораторной работе, произведя необходимые расчеты и построив графики по результатам экспериментов.

### 5.1 Устройство гидропривода с дроссельным регулированием

Основным достоинством гидропривода является возможность плавного регулирования скорости движения выходного звена гидродвигателя в широком диапазоне значений. Для изменения скорости наиболее часто используется метод дроссельного регулирования. Изменение расхода поступающей к двигателю жидкости осуществляется путем уменьшения площади поперечного сечения потока в аппарате управления расходом.

В зависимости от функциональных возможностей гидроаппараты управления расходом делят на дроссели и регуляторы расхода. Принципиальное отличие между ними состоит в том, что расход, проходящий через дроссели, зависит от нагрузки на исполнительном механизме, а регуляторы расхода обеспечивают автоматическое поддержание расхода на заданном уровне вне зависимости от изменения нагрузки. Регулятор расхода (рис. 11) представляет собой комбинацию дросселя и редукционного клапана.

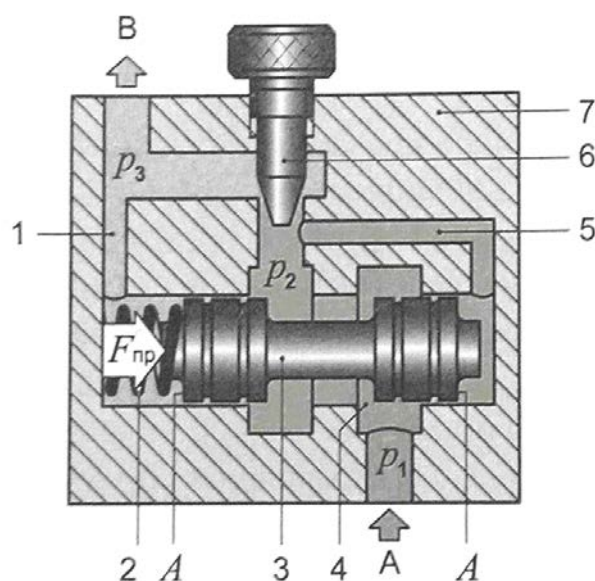


Рис. 11. Регулятор расхода [2]

Регулятор расхода состоит из корпуса 7, регулировочного винта 6 и подпружиненного золотника 3. Регулировочный винт 6 служит для настройки значения расхода, протекающего через регулятор путем предварительной установки проходного сечения дросселирующей щели. Для поддержания постоянного значения перепада давления на ней служит золотник 3, проходное сечение 4 автоматически меняется в процессе работы. На левый торец золотника 3 действует пружина 2 и давление  $p_3$ , равное давлению за регулировочным винтом, а на правый торец действует давление  $p_2$ , равное давлению перед регулировочным винтом. Давление на левый и правый торцы золотника 3 передаются соответственно по каналам 1 и 5.

Давление в напорной линии гидропривода, а следовательно и на входе в регулятор расхода остается постоянным и определяется настройкой напорного клапана. Давление на выходе регулятора расхода  $p_3$  зависит от нагрузки на гидродвигателе. Под действием этого давления золотник 3 занимает такое положение, что на его дросселирующей щели 4 создается перепад давлений  $p_1 - p_2$ . Расход жидкости, протекающей через регулятор расхода, определяется площадью проходного сечения установочного дросселя (настраивается при помощи винта 6) и перепадом давления на нем,  $\Delta p = p_2 - p_3$ . При возрастании нагрузки на двигателе, давление  $p_3$  возрастает, что приводит к смещению золотника 3 вправо и увеличению проходного сечения 4. Сопротивление потоку жидкости через сечение 4 уменьшается и давление  $p_2$  возрастает, поддерживая перепад давления  $\Delta p = p_2 - p_3$  на прежнем уровне, что обеспечивает протекание через него прежнего расхода рабочей жидкости.

В зависимости от места размещения дросселя различают дроссельное регулирование с установкой дросселя на входе гидродвигателя (рис. 12, а), на выходе гидродвигателя (рис. 12, б) и на ответвлении от напорной гидролинии (параллельно гидродвигателю) (рис. 12, в). Аналогичный приведенным на рис. 12 вид будут иметь принципиальные схемы и с другими типами гидродвигателей.

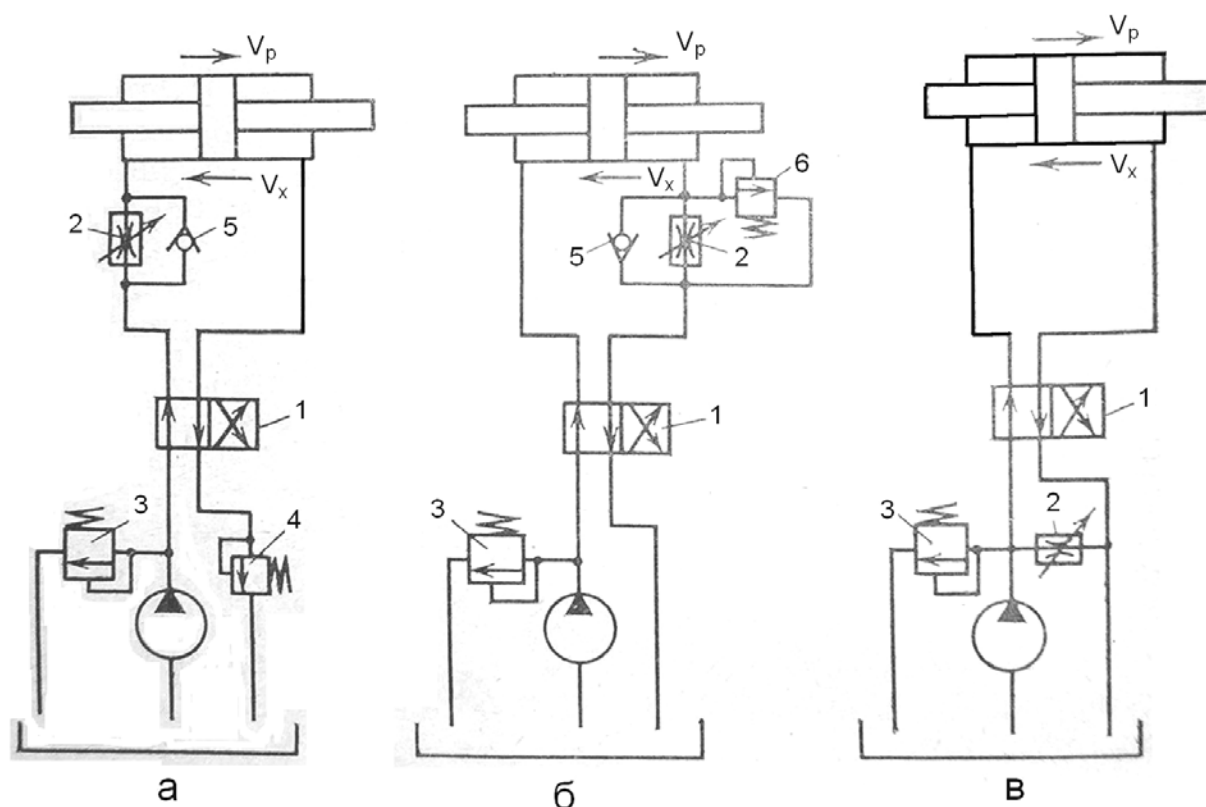


Рис. 12. Варианты схем дроссельного регулирования с установкой дросселя: а – на входе гидродвигателя; б – на выходе гидродвигателя; в – параллельно гидродвигателю

При дросселировании «на входе» (рис. 12, а) рабочая жидкость от насоса через распределитель 1 и дроссель 2 поступает к гидродвигателю. Расход двигателя, и как следствие скорость выходного звена, определяется расходом дросселя 2. При этом часть рабочей жидкости сливается в бак через напорный клапан 3, который в этом случае выполняет функцию переливного. Для стабилизации сил трения и более плавного строгиования с места поршня в сливной линии устанавливают подпорный клапан 4.

В тех случаях, когда не требуется регулирование скорости выходного звена при холостом ходе, параллельно дросселю устанавливают обратный клапан 5. При реверсировании весь поток рабочей жидкости поступает к гидродвигателю, а из него через обратный клапан 5 на слив.

При установке дросселя «на выходе» (рис. 12, б) клапан 3 также выполняет функцию переливного. Дроссель 2 создает подпор, обеспечивающий плавное строгиование поршня при рабочем ходе. Для защиты сливного участка гидросистемы от перегрузки у выхода гидродвигателя устанавливают напорный клапан 6.

В обоих случаях при полностью открытом дросселе скорость выходного звена при рабочем ходе максимальна, а при полностью закрытом равна нулю.

При установке дросселя параллельно двигателю (рис. 12, в) рабочая жидкость сливается в бак не через переливной клапан, а через дроссель 2. Напорный клапан 3 выполняет функцию предохранительного. Если дроссель 2 будет закрыт, то весь поток рабочей жидкости через распределитель 1 поступает в гидродвигатель, скорость поршня при этом максимальна. При полностью открытом дросселе весь поток поступает в бак через дроссель, скорость поршня при этом равна нулю.

Сравнение рассмотренных способов регулирования гидропривода проводят по показателям КПД и нагрузочным характеристикам.

Способы дроссельного регулирования «на входе» и «на выходе» (рис. 12, а, б) называют последовательным дроссельным регулированием.

Дроссельное регулирование «на выходе» и «на входе» имеют одинаковые нагрузочные характеристики (рис. 13, кривая 1). С этой точки зрения эти способы равнозначны. Однако потребляемая насосом мощность при установке дросселя «на выходе» несколько выше, чем при регулировании «на входе».

Как видно из рис. 13 наибольшей стабильностью обладает гидропривод с последовательным включением дросселя (рис. 13, кривая 1). Значительно хуже в этом отношении регулирование с параллельным включением дросселя (рис. 13, кривая 2).

Однако при параллельном включении дросселя КПД привода выше, чем при последовательном (рис. 14). Это объясняется тем, что давление, развиваемое насосом, и потребляемая им мощность изменяются с изменением внешней нагрузки, а не остаются постоянными, как это имеет место при последовательном включении дросселя.

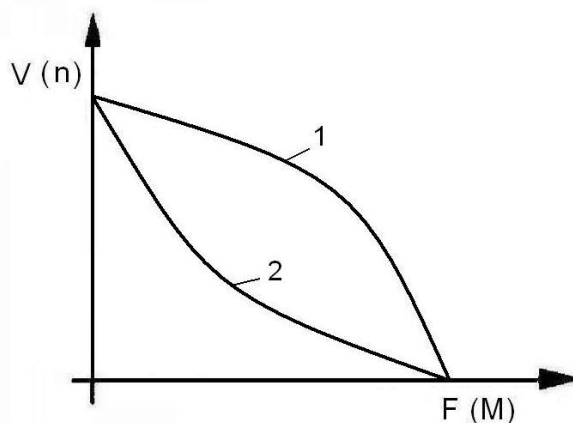


Рис. 13. Нагрузочные характеристики гидропривода при регулировании:

1 – с последовательным включением дросселя; 2 – с параллельным включением дросселя [4]

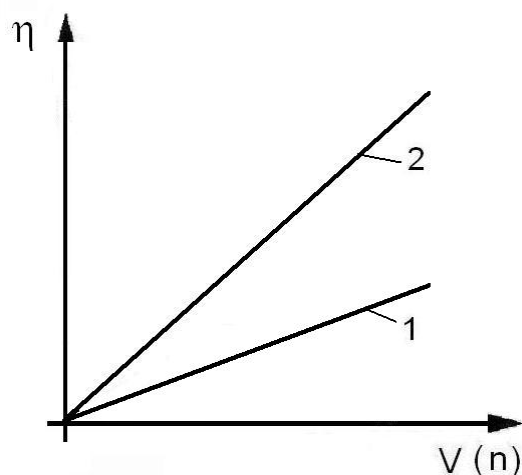


Рис. 14. Сравнение способов регулирования по КПД привода при регулировании: 1 – с последовательным включением дросселя; 2 – с параллельным включением дросселя

При анализе графика нагрузочных характеристик (рис. 13), видно, что дроссельное регулирование не обеспечивает достижения стабильных скоростей движения выходного звена гидродвигателя в условиях изменяющейся нагрузки. Поэтому, в тех случаях, когда требуется обеспечить равномерную скорость движения выходного звена гидродвигателя, вместо обычных дросселей применяют регуляторы расхода.

Нагрузочные характеристики при установке регулятора расхода приведены на рис. 15.

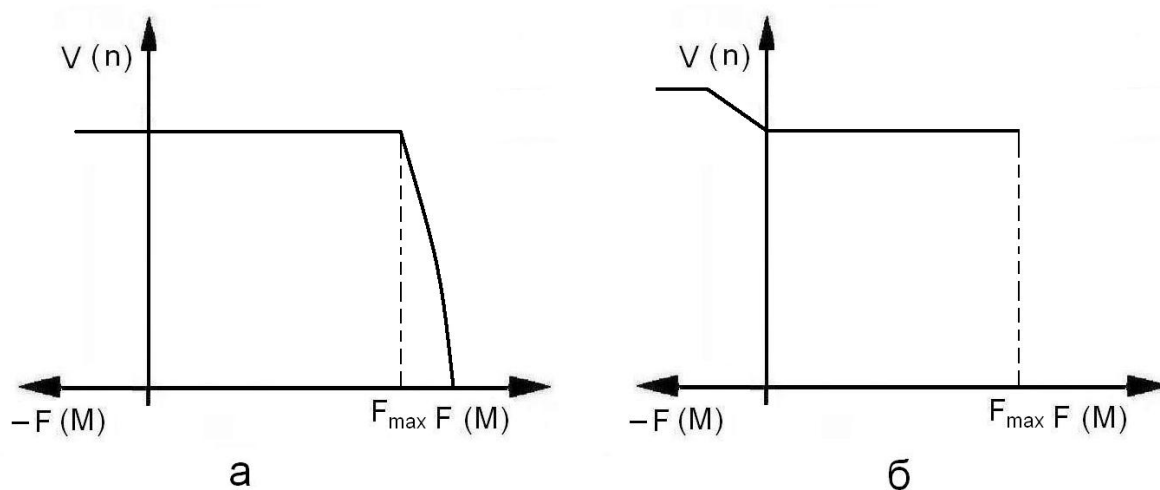


Рис. 15. Нагрузочные характеристики гидропривода при установке регулятора расхода: а – последовательно б – параллельно [3]

В данной лабораторной работе проводятся экспериментальные исследования гидропривода при установке регулятора расхода «на входе» в гидродвигатель, в качестве которого используется гидроцилиндр.

## **5.2 Экспериментальное определение характеристик гидропривода с поступательным движением выходного звена**

Тумблер Р1 установить в положение “ВКЛ1.”, тумблер Р3 в положение “ВЫКЛ.”. Включить электродвигатель М2 и установить с помощью клапана КП2 давление в поршневой полости гидроцилиндра Ц2 (по манометру МН5), равное 2 МПа.

Включить электродвигатель М1 и при различных настройках регулятора расхода РР2 провести 5 – 6 опытов. При проведении каждого опыта тумблер Р2 переключать в положение “ВКЛ1.”. При этом шток нижнего цилиндра Ц1 будет выдвигаться, то есть будет происходить рабочий ход, в течение которого следует выполнить все необходимые измерения.

Втягивание штока цилиндра Ц1 (холостой ход) обеспечивается при установке Р2 в положение “ВКЛ2.”.

Первый опыт целесообразно начинать при минимальной скорости выдвигания штока цилиндра Ц1, что достигается поворотом маховика управления регулятором расхода РР2 против часовой стрелки.

Во время проведения каждого опыта необходимо измерять:

- давления по приборам МВ, МН1 – МН5;
- время выдвигания штока цилиндра Ц1 (для измерения времени необходимо тумблер SA5 переключить в положение “АВТ” и включить питание секундомера); Перед каждым измерением времени необходимо нажимать кнопку “Сброс” и сбрасывать показание электронного табло секундомера.

- мощность на входе электродвигателя М1 (по ваттметру, 1 деление = 125 Вт).

Используя время выдвигания штока и зная ход штока, можно вычислить скорость выдвигания штока гидроцилиндра Ц1. Нагрузку на штоке определяют по формуле (8), используя значения давлений, определенные по манометрам МН4 и МН5. Используя значения скорости и нагрузки, вычисляется полезная мощность на штоке цилиндра Ц1 по формуле (12). Кроме того, вычисляется мощность, подводимая к гидроприводу (гидронасосу Н1), а затем определяется КПД гидропривода.

После выполнения всех опытов необходимо отключить питание электродвигателей М1 и М2.

### **Отчет должен содержать:**

- наименование и цель работы;
- схему исследуемого гидропривода с поступательным движением выходного звена (фрагмент схемы на рис. 1, относящийся к испытанию гидропривода);
- описание экспериментальной установки, порядок работы на ней;
- результаты экспериментальных измерений (представить в виде таблиц);
- график зависимости КПД привода от скорости штока, построенный по результатам экспериментов;
- выводы по работе.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Перечислите способы установки дросселя (регулятора расхода) относительно гидродвигателя, а также достоинства и недостатки каждого из них.
2. Чем отличается регулятор расхода от дросселя?
3. Как обозначают на гидравлической схеме регулятор расхода?
4. Объясните устройство и принцип действия регулятора расхода.
5. С какой целью в схеме управления гидроцилиндра Ц1 применен регулятор расхода РР2 с обратным клапаном?
6. Перечислите гидроаппараты, входящие в состав регулируемого гидропривода, объясните назначение каждого из них.
7. Как изменяется КПД привода при дроссельном регулировании с уменьшением скорости движения выходного звена?
8. Каким способом регулируется скорость штока гидроцилиндра Ц1 в режиме холостого хода?
9. Определите давление в гидросистеме, если гидроцилиндр при расходе жидкости через поршневую полость  $Q = 15$  л/мин и КПД  $\eta_d = 0,8$  развивает мощность  $N = 1$  кВт. Потерями давления в гидросистеме и утечками пренебречь.
10. Определите время перемещения штока гидроцилиндра Ц1 если расход жидкости через поршневую полость  $Q = 15$  л/мин, давление в поршневой полости 5 МПа.

11. Определите усилие на штоке гидроцилиндра Ц1 для случая его подключения по дифференциальной схеме, если расход жидкости через поршневую полость  $Q = 15$  л/мин, давление в поршневой полости 5 МПа. Всеми потерями в цилиндре пренебречь.

## **6. Лабораторная работа №4.**

### **Исследование характеристик регулируемого гидропривода с вращательным движением выходного звена**

#### **Цель работы:**

- 1) Изучение устройства объемного регулируемого гидропривода с вращательным движением выходного звена (с дроссельным принципом регулирования);
- 2) Экспериментальное определение характеристик гидропривода.

#### **Порядок выполнения работы:**

- 1) изучить устройство регулируемого гидропривода (с дроссельным принципом регулирования) по методическим указаниям;
- 2) изучить основные характеристики гидропривода с дроссельным регулированием по методическим указаниям;
- 3) изучить принципиальную гидравлическую схему экспериментальной установки, порядок работы на ней;
- 4) подготовить таблицы для записей результатов экспериментов;
- 5) провести эксперименты по определению основных характеристик гидропривода с вращательным движением выходного звена (с дроссельным принципом регулирования) на лабораторном стенде;
- 6) составить отчет по лабораторной работе, произведя необходимые расчеты и построив графики по результатам экспериментов.

### **6.1 Устройство гидропривода с дроссельным регулированием**

Рассмотренные в п. 5.1 устройство гидропривода, способы установки дросселей и регуляторов расхода, а также нагрузочные характеристики и КПД привода при использовании гидроцилиндра в качестве гидродвигателя справедливы и для гидропривода с вращательным движением выходного звена. Поэтому перед проведением экспериментальных исследований необходимо изучить теоретический материал по п. 5.1 данных методических указаний.



В данной лабораторной работе проводятся экспериментальные исследования гидропривода при установке регулятора расхода «на входе» в гидродвигатель, в качестве которого используется гидромотор.

## **6.2 Экспериментальное определение характеристик гидропривода с вращательным движением выходного звена**

### **6.2.1 Определение нагрузочных характеристик гидропривода**

Включить тумблер управления распределителем P1 в положение “ВКЛ2.”, регулятор расхода PP1 настроить на максимальный расход, что достигается поворотом маховика по часовой стрелке. Уменьшить сопротивление регулируемого дросселя ДР2 (достигается поворотом маховика по часовой стрелке) и включить электродвигатель M1.

Провести две серии опытов (при двух настройках регулятора расхода PP1, то есть при двух значениях частоты вращения вала гидромотора). Первая серия опытов проводится при максимально возможной частоте вращения вала гидромотора, а вторая серия опытов проводится при уменьшенной примерно в два раза частоте вращения.

В каждой серии провести по 5 – 6 опытов. При переходе от одного опыта к другому необходимо увеличивать нагрузку на валу гидромотора (достигается путем увеличения сопротивления дросселя ДР2 поворотом маховика против часовой стрелки). Нагрузку на валу гидромотора следует изменять таким образом, чтобы избежать полного останова его вала.

В каждом опыте необходимо измерять:

- давления по приборам МВ, МН1, МН6, МН7 и МН8;
- частоту вращения  $n_m$ ;
- мощность, подводимую к электродвигателю M1 (по ваттметру, 1 деление = 125 Вт).

Для получения частоты вращения в об/с ( $c^{-1}$ ) показание цифрового табло частотомера необходимо делить на 2.

### **6.2.2 Определение КПД гидропривода в зависимости от частоты вращения вала гидромотора**

Тумблер управления распределителем P1 установить в положение “ВКЛ2.”, регулятор расхода PP1 настроить на максимальный расход, что достигается поворотом маховика по часовой стрелке и включить электродвигатель M1.

Маховиком регулируемого дросселя ДР2 установить давление по манометру МН8, равное 2 МПа.

Провести 5 – 6 опытов при различных настройках регулятора расхода РР1. При переходе от одного опыта к другому необходимо уменьшать расход регулятора РР1 поворотом маховика против часовой стрелки. Расход следует изменять таким образом, чтобы избежать полного останова его вала.

В каждом опыте необходимо измерять:

- давления по приборам МВ, МН1, МН6, МН7 и МН8;
- частоту вращения вала мотора  $n_m$ ;
- мощность, подводимую к электродвигателю М1 (по ваттметру, 1 деление = 125 Вт).

Для получения частоты вращения в об/с ( $c^{-1}$ ) показание цифрового табло частотомера необходимо делить на 2.

После проведения экспериментов необходимо отключить питание электродвигателя М1.

### **Отчет должен содержать:**

- наименование и цель работы;
- схему исследуемого гидропривода с вращательным движением выходного звена (фрагмент схемы на рис. 1, относящийся к испытанию гидропривода);
- описание экспериментальной установки, порядок работы на ней;
- результаты экспериментальных измерений (представить в виде таблиц);
- график нагрузочных характеристик гидропривода при двух различных частотах вращения вала гидромотора, построенный по результатам экспериментов;
- график зависимости КПД привода от частоты вращения вала гидромотора, построенный по результатам экспериментов;
- выводы по работе.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Перечислите гидроаппараты, входящие в состав регулируемого гидропривода, объясните назначение каждого из них.

2. Перечислите способы установки дросселя (регулятора расхода) относительно гидродвигателя, а также достоинства и недостатки каждого из них.

3. Объясните устройство и принцип действия регулятора расхода.
4. Объясните устройство и принцип действия аксиально-поршневого гидромотора.
5. Что называется рабочим объемом гидромотора?
6. Что называется расходом гидромотора?
7. Что называется нагрузочной характеристикой гидропривода, что она показывает?
8. Как изменяется КПД привода при дроссельном регулировании с уменьшением скорости движения выходного звена?
9. Какой момент может развивать мотор М, если предохранительный клапан КПП1настроить на давление 3,5 МПа.
10. Определите частоту вращения и мощность на валу мотора М, если подача насоса Н1 составляет 14,7 л/мин, расход через напорный клапан КПП1 5,3 л/мин, а перепад давлений на входе и выходе гидромотора 3 МПа.

### Библиографический список

1. Свешников, В.К. Станочные гидроприводы [Текст] : Справочник: Библиотека конструктора / В.К. Свешников. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с.
2. Наземцев, А.С. Пневматические и гидравлические приводы и системы. Часть 2. Гидравлические приводы и системы. Основы [Текст] : учеб. пособие / А.С. Наземцев, Д.Е. Рыбальченко. – М.: Форум, 2007 – 304 с.
3. Лебедев, Н.И. Объемный гидропривод машин лесной промышленности [Текст]: учеб. пособие / Н.И. Лебедев. – М.: Лесн. пром-ть, 1986. – 296 с.
4. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод [Текст] : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Т.В. Артемьева, Т.М. Лысенко, А.Н. Румянцева, С.П. Стесин ; под ред. С.П. Стесина. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 336 с.
5. Схиртладзе, А.Г. Гидравлические и пневматические системы [Текст] : учеб. для сред. проф. учеб. заведений / А.Г. Схиртладзе, В.И. Иванов, В.Н. Кареев; под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Высш. шк., 2006. – 534 с.

## Содержание

1. Общие указания .....	3
2. Описание лабораторного стенда .....	4
3. Лабораторная работа №1. Определение рабочих и кавитационных характеристик шестеренного насоса .....	7
3.1 Устройство и принцип работы шестеренных насосов .....	7
3.2 Основные параметры и характеристики объемных насосов ...	8
3.3 Экспериментальное определение рабочих и кавитационных характеристик насоса .....	12
4. Лабораторная работа №2. Определение характеристик гидродвигателей .....	14
4.1 Устройство и принцип работы гидродвигателей .....	15
4.2 Основные технические показатели и характеристики гидродвигателей .....	17
4.3 Экспериментальное определение характеристик гидродвигателей .....	22
5. Лабораторная работа №3. Исследование характеристик регулируемого гидропривода с поступательным движением выходного звена.....	24
5.1 Устройство гидропривода с дроссельным регулированием ....	25
5.2 Экспериментальное определение характеристик гидропривода с поступательным движением выходного звена .....	30
6. Лабораторная работа №4. Исследование характеристик регулируемого гидропривода с вращательным движением выходного звена .....	32
6.1 Устройство гидропривода с дроссельным регулированием .....	32
6.2 Экспериментальное определение характеристик гидропривода с вращательным движением выходного звена .....	33
Библиографический список .....	35